ARTÍCULO ACEPTADO / ACCEPTED PAPER

Este artículo ha sido aceptado luego de una revisión por pares completa, ha pasado por revisión de estilo pero aún no por maquetación y paginación. Por favor, cite este artículo como:

This article has been accepted for publication and undergone full peer review, it has been through copyediting, but not through typesetting and pagination. Please cite this article as:

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras

Juan M. Aguilar*, Boris A. Tinoco

Escuela de Biología, Ecología y Gestión, Universidad del Azuay, Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador

*Autor para correspondencia / Corresponding Author, e-mail: juanmaguilaru@yahoo.com

Editado por/Edited by: Diego F. Cisneros-Heredia, PhD(c)
Recibido/Received: 31/10/2016. Aceptado/Accepted: 15/05/2017
Publicado en línea/Published online: 10/12/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

Pollination ecology of *Axinaea merianiae* in the high Andes from south Ecuador: Nectar characteristics and bird pollinators

Abstract

Plants of the genus *Axinaea* (family Melastomataceae) have a novel and recently discovered pollination system, involving birds that are not traditionally known as pollinators (specifically members of the families Thraupidae, Passerellidae and Fringillidae). We contribute with information on some aspects of the ecology of this pollination mechanism analyzing *Axinaea merianiae*, an endemic species of shrubby paramo at high Andean Ecuador. We observed five species of birds (*Anisognathus igniventris, Atlapetes latinuchus, Coeligena iris, Diglossa cyanea, Tangara vassorii*) in interaction with flowers of *A. merianiae*. The nectar of *A. merianiae* has a mean volumen of 26,4 μl in each flower and a sugar concentration of 11,6% w/w; these are the usual characteristics of nectar offered to birds by other plant species in this region. This information increases knowledge about how Andean birds may have took over some ecosystem functions performed by insects at lower elevations.

Keywords: ecosystem functions, plant-bird interaction, Passerellidae, Thraupidae, Melastomataceae.

Resumen

Las plantas del género *Axinaea* (familia Melastomataceae) presentan un novedoso sistema de polinización recientemente descubierto, que involucra aves que tradicionalmente no son consideradas polinizadoras (específicamente de las familias Thraupidae, Passerellidae y Fringillidae). Contribuimos con información sobre la ecología de este mecanismo de polinización analizando *Axinaea merianiae*, una especie endémica de los páramos arbustivos de los altos Andes de Ecuador. Observamos a cinco especies de aves (*Anisognathus igniventris, Atlapetes latinuchus, Coeligena iris, Diglossa cyanea, Tangara vassorii*) interactuando con las flores de *A. merianiae*. El néctar de *A. merianiae* tiene un volumen 26,4 μl en cada flor y una concentración de azucares de 11,6% w/w; estas son las características usuales del néctar ofertado para las aves por otras especies de plantas de la región. Esta información incrementa el conocimiento en torno a cómo las aves andinas posiblemente han asumido algunas funciones ecosistémicas realizadas por insectos a menores elevaciones.

Palabras clave: funciones ecosistémicas, interacciones planta-ave, Passerellidae, Thraupidae, Melastomataceae.

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

En los altos Andes, los colibríes pueden reemplazar a los insectos como polinizadores efectivos para un importante número de especies vegetales [1]. Al parecer, las bajas temperaturas y los fuertes vientos recurrentes en estas elevaciones han promovido la polinización por colibríes, pues estos permanecen activos incluso en condiciones climáticas extremas [1]. Recientes descubrimientos plantean que en el Neotrópico, los colibríes no son las únicas aves que se desempañan como grupo polinizador [2].

La familia Melastomataceae presenta varios ejemplos de especies en las cuáles las aves actúan como polinizadoras en lugar de los insectos. En el género Neotropical *Axinaea* [3], que incluye más de 40 especies [4], se ha descubierto un novedoso mecanismo de polinización [5]. Aves que generalmente se alimentan de semillas e insectos, principalmente de las familias Thraupidae, Passerellidae y Fringillidae, están cumpliendo funciones de polinización para el género *Axinaea*, aunque solo existe información sobre la polinización de *A. confusa*, *A. sclerophylla*, *A. affinis*, *A. macrophylla* y *A. costaricensis* [2, 5].

Las flores de *Axinaea* son abiertas, están orientadas horizontalmente (Fig. 1 C) y tienen colores rosa o lila claros [2]. Todas estas características no corresponden con aquellas de las flores ornitófilas tradicionales [6]. Dellinger et al. [2] y Edwards [5] describen la morfología floral y el mecanismo de polinización del género *Axinaea*: El forrajeo de las aves en la flor comienza sobre una percha en las ramas de la misma planta, con una maniobra de picoteo constante sobre 10 apéndices bulbosos que contienen néctar en cada flor. Estos apéndices bulbosos están unidos al interior de la corola por filamentos y conectados con estambres tubulares (Fig. 1 B). Al presionar los apéndices bulbosos, escapa aire por el poro terminal de los estambres tubulares, pasando a través de las anteras, expulsando el polen por el conducto terminal de los estambres tubulares y dando paso a la secreción de gotas de néctar de color café claro. Este mecanismo permite una sola extracción de néctar de cada uno de los diez apéndices bulbosos. Una vez consumido este recurso, el polen expulsado se transporta en el pico, garganta y frente de las aves hacia otra flor, donde es depositado en el estigma que cuelga de la curvatura final del estilo y generalmente se extiende fuera de la corola (Fig. 1 A) [2, 5].

Para incrementar el conocimiento sobre la ecología reproductiva del género *Axinaea*, analizamos las características de su néctar, los visitantes florales y la época de floración de *Axinaea merianiae*. Los datos presentados fueron colectados en la Estación Científica El Gullán, parroquia Las Nieves, cantón Nabón, provincia del Azuay (3.330° S, 79.160° W, ca. 3000 m). Los datos de esta investigación provienen de un monitoreo mensual de la floración de la comunidad vegetal durante dos años consecutivos, empezando en Mayo 2015 hasta Septiembre 2016 en la Estación Científica El Gullán. *Axinaea merianiae*, es una especie arbustiva endémica del suroeste de los Andes Ecuatorianos [7], tiene una altura de 1,6 ± 0,27 m (1,2–2 m, n = 10) y presenta 81± 29 flores por planta (30–120 flores por planta, n = 10). Es una especie común en El Gullán, forma parte del matorral Andino y se la encuentra tanto en los bordes como al interior del matorral. En 2015 y 2016 se observó que la floración *A. merianiae* ocurre desde Agosto hasta Octubre, aunque existieron plantas floreciendo de forma asincrónica en otros meses.

Durante el 2015, en seis meses consecutivos desde Mayo hasta Septiembre, se completaron 180 horas de observación de interacciones de forrajeo entre la comunidad de aves y los recursos ostentados por la

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

comunidad vegetal. Se registraron a cinco especies de aves alimentándose del néctar de *Axinaea merianiae*: *Anisognathus igniventris*, *Atlapetes latinuchus*, *Coeligena iris*, *Diglossa cyanea*, y *Tangara vassorii*. De estas especies, únicamente *D. cyanea* había sido registrada en interacción con el género *Axinaea* [2]. Nuestra observación de *C. iris* alimentándose en *A. merianiae* con picoteos durante el vuelo, y la evidencia de polen de *Axinaea macrophyla* transportado por nueve especies de colibríes [8], confirma que también los colibríes (familia Trochillidae) usan el recurso néctar de *Axinaea*. Estos resultados elevan a diez el número de especies de aves observadas alimentándose del género *Axinaea,* y demuestran que aves de las familias Thraupidae, Passerellidae, Fringillidae y Trochillidae están aprovechando este recurso y probablemente contribuyendo en la polinización de este género. Es importante destacar que el 60% de especies observadas interactuando con *Axinaea* pertenecen a los géneros de la familia Thraupidae: *Anisognathus*, *Diglossa*, *Iridosornis* y *Tangara*.

Los tejidos de los apéndices bulbosos que contienen el néctar en las flores de *Axinaea* han demostrado tener altos valores energéticos, y ser consumidos por las aves a manera de frutos [2]. Sin embargo, las características del néctar contenido dentro de los apéndices aún no han sido reportadas. Durante las floraciones de 2015 y 2016 con la ayuda de tubos capilares se extrajo el néctar de los diez apéndices bulbosos de 70 flores en 24 plantas. Se midió la concentración de azucares con un refractómetro manual calibrado [9]. En total se colectó 1849,30 μl de néctar, obteniendo un volumen por flor de 26,4 ± 15,25 μl (3,2–58,4 μl, n = 70). La concentración azucares fue de 11,657 ± 5,39% w/w (1–31,5% w/w, n = 70), equivalente a 121,24 mg de azúcar por ml de néctar. Una flor promedio tendría 3,2 mg de azúcar, y una planta 249,6 mg de azúcar en el néctar de todas sus flores. Estos resultados indican que *Axinaea merianiae* oferta mayor volumen de néctar que 24 especies de plantas de la región que son utilizadas por colibríes (con un promedio de 7,7 μl) [9] y que 46 especies utilizadas por colibríes en los Andes Colombianos (con promedio de 12,6 μl) [8]. A pesar de los altos volúmenes, la concentración de azúcar del néctar se mantiene similar a aquella de otras especies que ofertan néctar a colibríes [6, 8, 9].

En el caso particular de *Axinaea merianiae,* la flor se vuelve senescente una vez que se han consumido todos los apéndices bulbosos y se da paso a la fructificación. Sus semillas son transportadas por el viento o caen cerca de la planta madre, y germinan fácilmente al cabo de algunas semanas (A. Crespo, datos sin publicar). Esto sugiere que *A. merianiae* es una planta pionera, al igual que otras especies de este género [10]. Estas características plantean que *A. merianiae* sería una especie valiosa para planes de restauración de los altos Andes, ya que los recursos de sus flores podrían atraer aves que cumplen distintas funciones (polinización y dispersión de semillas) durante la floración, dinamizando así procesos ecológicos.

Axinaea merianiae no presenta las características florales que tradicionalmente se consideran en estudios de polinización ornitófila [6, 8, 9]. Al contrario, esta planta está utilizando aves dispersoras de semillas en su estrategia de polinización [2, 5], probablemente aprovechando las ventajas de las aves sobre los insectos en las condiciones ambientales rigurosas de los Andes [1, 2]. Estos recientes descubrimientos demuestran que todavía falta mucho por conocer en cuanto a las funciones de las aves y sus interacciones en los altos Andes, información con alto valor para la conservación de la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Jacinto Guillén del Decanato de Investigaciones de la Universidad del Azuay por financiar esta investigación, y al Ministerio del Ambiente por otorgar las autorizaciones de Investigación Científica: 075-15IC-FlORAYFAUNA-DPAA/MA durante el año 2015 y 095-2016-DPMA/MA durante el año 2016. También agradecemos a Karla Pintado Ch. por su ilustración, a nuestras colegas Anusha Shankar y Andrea Nieto, así como a Antonio Crespo por sus contribuciones en esta investigación y a los estudiantes de la Universidad del Azuay: Gabriela Aguilar, Andrés Barnuevo, Paola Fajardo y Dalma Orellana quienes colaboraron en la toma de datos. También queremos agradecer a dos revisores anónimos por su revisión crítica y sus valiosos comentarios.

REFERENCIAS

[1] Cruden, R.W. (1972). Pollinators in high-elevation ecosystems: relative effectiveness of birds and bees. *Science*, 176(4042), 1439–1440. DOI: http://dx.doi.org/10.1126/science.176.4042.1439

[2] Dellinger, A.S., Penneys, D.S., Staedler, Y.M., Fragner, L., Weckwerth, W., & Schönenberger, J. (2014). A specialized bird pollination system with a bellows mechanism for pollen transfer and staminal food body rewards. *Current Biology*, 24(14), 1615–1619. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.056

[3] Renner, S.S. (1993). Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nordic Journal of Botany*, 13(5), 519–540. doi: http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-1051.1993.tb00096.x

[4] Bussmann, R.W., & Paniagua, N. Y. (2012). *Axinaea ninakurorum* (Melastomataceae)- a new species from the northern Peruvian Merianae hotspot. *Arnaldoa*, 19(1), 23–27. https://archive.org/details/mobot31753004038029

[5] Edwards, J. (2014). Coevolution: Puff Pollination in Tropical Flowers. *Current Biology*, 24(14), R649–R651. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.06.020

[6]Wolff, D. (2006). Nectar sugar composition and volumes of 47 species of Gentianales from a southern Ecuadorian montane forest. *Annals of Botany*, 97(5), 767–777. doi: http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcl033

[7] Cotton, E., & Pitman, N. 2004. *Axinaea merianiae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T38104A10097272. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T38104A10097272.en

[8] Gutiérrez-Zamora, A. (2008). Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera oriental de Colombia. *Ornitología Colombiana*, 7, 17–42. http://asociacioncolombianadeornitologia.org/wp-content/uploads/revista/oc7/gutierrez.pdf

[9] Tinoco, B.A., Graham, C.H., Aguilar, J.M., & Schleuning, M. (2016). Effects of hummingbird morphology on specialization in pollination networks vary with resource availability. *Oikos*. doi: http://dx.doi.org/10.5061/dryad.j860v

[10] Cantillo Higuera, E.E., Castiblanco Gutiérrez, V., Pinilla Mondragón, D.F., & Alvarado, C.L. (2008). Characterizing and valuing of regeneration potential of the seed germination bank at the Carpatos forest reserve (Guasca, Cundinamarca). *Colombia Forestal*, 11(1), 45–70. doi: http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a04

ARTÍCULO ACEPTADO / ACCEPTED PAPER

Este artículo ha sido aceptado luego de una revisión por pares completa, ha pasado por revisión de estilo pero aún no por maquetación y paginación. Por favor, cite este artículo como:

This article has been accepted for publication and undergone full peer review, it has been through copyediting, but not through typesetting and pagination. Please cite this article as:

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Juan M. Aguilar concibió la investigación, Boris A. Tinoco gestionó la adquisición de fondos y participó en la dirección del proyecto, Juan M. Aguilar adquirió, analizó e interpretó los datos; Boris A. Tinoco y Juan M. Aguilar participaron en la redacción del manuscrito.

ARTÍCULO ACEPTADO / ACCEPTED PAPER

Este artículo ha sido aceptado luego de una revisión por pares completa, ha pasado por revisión de estilo pero aún no por maquetación y paginación. Por favor, cite este artículo como:

This article has been accepted for publication and undergone full peer review, it has been through copyediting, but not through typesetting and pagination. Please cite this article as:

Aguilar, J.M., Tinoco, B.A. (2017). Ecología de polinización de *Axinaea merianiae* en los altos Andes del sur del Ecuador: Características de su néctar y aves polinizadoras. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, http://dx.doi.org/10.18272/aci.v9i15.757

Figura 1. Ilustración del mecanismo de polinización de *Axinaea merianiae* (Melastomataceae). (A) Maniobra de forrajeo de un ave de la familia Thraupidae, picoteando los apéndices bulbosos; (B) un acercamiento a los filamentos sosteniendo los apéndices bulbosos que contienen néctar y están conectados a los estambres tubulares de *A. merianiae* que esparcen el polen sobre el ave. (C) Fotografía de la planta destacando los colores y estructuras florales de *A. merianiae*.

